



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

AUTOMATISOIDUN SORVAUS- SOLUN TOIMINTAVARMUUDEN KEHITTÄMINEN

TEKIJÄ: Ilmari Huttunen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Ilmari Huttunen			
Työn nimi Automatisoidun sorvaussolun toimintavarmuuden kehittäminen			
Päiväys	28.10.2018	Sivumäärä/Liitteet	28
Ohjaajat Tuntiopettaja Sami Ipatti, Yrityspalvelupäällikkö Pentti Halonen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Debomix Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Debomix Oy:n käytössä olevan automatisoidun sorvaussolun nykytila ja pohtia, mitkä tekijät vaikuttavat solun toimintaan. Tavoitteena on löytää keinot, joilla varmistetaan sorvaussolun toimintavarmuus. Toimeksiantajalla Debomix Oy:llä on käytössään Nachi- teollisuusrobotti sekä Mori Seiki NC-sorvi, jotka toimivat tällä hetkellä miehittämättömänä yhdessä vuorossa. Toimeksiantajan toiveena on kehittää solun toimintavarmuutta ja lisätä tulevaisuudessa miehittämättömien vuorojen määrää. Automatisoitu sorvaussolu on ollut yrityksen käytössä jo usean vuoden ajan, mutta sen toiminnassa on havaittu kehitystarpeita, jotta tuotannon sujuvuus saadaan maksimoitua. Lisäksi laadun varmistukseen halutaan kiinnittää enemmän huomiota, sillä häiriöt ja laatu poikkeamat voivat pilata koko solussa valmistettavan tuotantoerän.</p> <p>Työssä seurattiin automatisoidun sorvaussolun toimintaa kesän 2018 aikana. Ajanjaksolla otettiin seurantaan viiden solussa eniten valmistetun työkappaleen valmistus. Tällä ajanjaksolla ilmenneet häiriöt solun toiminnassa kirjattiin ylös ja niiden pohjalta saatiin selville solun toiminnan nykytila ja ongelmakohtat. Näiden tietojen pohjalta saatiin kehitysideoita solun toimintavarmuuden parantamiseksi.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin kehitysideoita solun toiminnan parantamiseksi sekä selvitettiin yleisimmät solussa tapahtuvat häiriöt ja tavat, joilla mahdollista ennaltaehkäistä niitä. Opinnäytetyön pohjalta toimeksiantaja voi kehittää solun toimintavarmuutta ja saada solu toimimaan yhä tehokkaammin.</p>			
Avainsanat toimintavarmuus, teollisuusrobotti, automatisoitu sorvaussolu, tuotannon kehitys			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author Ilmari Huttunen			
Title of Thesis Developing the Reliability of an Automated Turning Cell			
Date	28.10.2018	Pages/Appendices	28
Supervisors Mr. Sami Ipatti, Full Time Teacher, Mr. Pentti Halonen, Company Service Manager			
Client Organisation /Partner Debomix Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to determine the current state of the automated turning cell used by Debomix Oy and to consider what factors affect cell the operation of the cell. The aim was to find ways to ensure the reliability of the cell. The client has a Nachi industrial robot and a Mori Seiki CNC- lathe, which currently operate in one shift unmanned. The company's desire is to improve cell reliability and to increase the number of unmanned shifts in the future. The automated turning cell has been used by the company for several years now, but development needs have been identified to maximize production flow. In addition, the company wants to pay more attention to quality, because disruption and quality deviations in the automated work cell can ruin the entire production lot.</p> <p>In the study the automated turning cell and its operations were followed during the summer of 2018. During this period, the production of the five most-manufactured work pieces was followed. Disruption in the cell in this period was recorded, which resulted in the detection of the current state and problem points of the cell activity. This information provided development ideas for improving cell reliability.</p> <p>As a result of the Bachelor's thesis development ideas were received to improve cell function and to identify and prevent the disruptions in the cell. Based on the thesis, the company can develop the cell's reliability and make the cell work more efficiently.</p>			
Keywords reliability, industrial robot, automated turning cell, production development			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Debomix Oy.....	5
2	LASTUAVA TYÖSTÖ.....	7
2.1	Sorvaus.....	7
2.2	Jyrsintä	8
2.3	Poraus.....	9
2.4	NC-tekniikka	9
3	JOUSTAVA KONEPAJA-AUTOMAATIO	11
3.1	FMS-teknologia	11
3.2	FMS-teknologian tasot.....	11
3.2.1	Joustava valmistusyksikkö (FMU)	12
3.2.2	Joustava valmistusjärjestelmä (FMS)	13
3.2.3	Automatisoitu tuotantosolu (FMC)	13
3.3	Robottiikka	13
4	LAATU JA TOIMINTAVARMUUS.....	15
4.1	Laadunvarmistus.....	15
4.2	Toimintavarmuuden määrittäminen.....	16
5	AUTOMATISOITU SORVAUSSOLU	17
5.1	Tuotannon nykytila	17
5.2	Solun toiminta	17
5.3	Mori Seiki NC-sorvi.....	19
5.4	Nachi AX-ST166F -teollisuusrobotti.....	20
5.5	Automaatioasteen nostaminen	20
5.6	Solussa eniten valmistetut kappaleet.....	20
5.7	Yleisimmät häiriöt solun toiminnassa	21
6	KEHITYSMAHDOLLISUUDET	24
7	YHTEENVETO	27
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	28

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä toimeksiantajana on Debomix Oy. Yrityksen toimialana on metallien työstäminen, joka sisältää sorvauksen sekä jyrinnän. Toimeksiantajalla on käytössään automatisoitu sorvaussolu, joka toimii tällä hetkellä miehittämättömänä yhdessä vuorossa yöllä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää solun nykytila ja pohtia, mitkä asiat vaikuttavat automatisoidun sorvaussolun toimintaan. Opinnäytetyön tavoitteena onkin saada selville keinot, joilla solun toimintavarmuutta voitaisiin parantaa.

Opinnäytetyöhön on valittu viisi eniten solussa valmistettua työkappaleita. Näiden työkappaleiden (holkkien) valmistusta miehittämättömässä ajossa seurattiin kesä-elokuussa 2018. Tällä ajanjaksolla kirjattiin muistiin tuotantosolussa tapahtuvat häiriöt ja niiden syyt. Näiden häiriöiden pohjalta saatiin kehitysideoita, joiden avulla solun toimintaa voidaan parantaa. Solussa tapahtuvien häiriöiden tunnistaminen parantaa miehittämättömän ajon toimintavarmuutta ja tulevaisuudessa miehittämättömiä vuoroja on mahdollista lisätä.

Opinnäytetyön aihe muodostui toimeksiantajan tarpeesta kehittää automatisoitua tuotantosolua ja sen toimintaa. Tavoitteena onkin, että tuotantosolu pystyy toimimaan häiriöttä miehittämättömän vuoron ajan. Tulevaisuudessa yrityksen tavoitteena on lisätä miehittämättömien vuorojen määrää yöllä tapahtuvan vuoron lisäksi. Myös laadun merkitys korostuu valmistettaessa suuria tuotantomääriä ja kartoittamalla häiriöt on mahdollista vaikuttaa automatisoidun tuotantosolun toimintavarmuuteen sekä laadunhallintaan. Tässä työssä ei käsitellä robotin ohjelmointia, sillä työssä käsiteltävillä työkappaleilla on jo valmiiksi suunnitellut ohjelmat.

1.1 Debomix Oy

Debomix Oy on vuonna 1995 Otanmäkeen Kajaaniin perustettu konepaja. Vuonna 2010 yritys myytiin uusille omistajille ja seuraavana vuonna yrityksen toiminta siirtyi uusiin 1000 m²:n tiloihin Viereälle. (Debomix 2013.) Yrityksen liikevaihto vuonna 2017 oli 3 403 000 euroa, josta liikevoitto oli 11,3 %. Liikevaihto on kasvanut tasaisesti vuosien aikana. Vuoteen 2016 verrattuna liikevaihto on kasvanut lähes 28 %. Henkilöstöä vuonna 2017 yrityksen palveluksessa oli 17. (Suomen Asiakastieto Oy 2018.)

Debomix Oy:n toimialana on metallituotteiden työstö, jossa päätoiminta kattaa sorvaamisen ja jyrinnän. Sorvauksen osalta yrityksen osaamisalueena on niin manuaalisorvaus kuin robotisoitu NC-sorvaus. Jyrinnän toteuttamiseksi yrityksellä on käytössään nykyaikaiset koneet sekä menetelmät, joilla voidaan taata tarkka lopputulos. (Debomix 2014.)



KUVA 1. Debomix Oy:n valmistamia tuotteita (Debomix 2014.)

Debomix Oy:n tuotannon läpivienti on saatu tehokkaaksi toteuttaen Lean-ajattelumallia. Yritys on myös mukana Pohjois-Savon Best Network Metalmasters -verkostossa, joka mahdollistaa esimerkiksi hitsausta sisältävien suurien kokonaisuuksien toimittamisen, joihin voi kuulua myös maalausta sekä muita pintakäsittelyjä. Debomix Oy ottaa asiakkaiden tarpeet huomioon sekä reagoi tarvittaessa muutoksiin, joka on edellytys pitkille asiakassuhteille. (Debomix 2013.)

Debomix Oy käyttää ISO 9001 standardin mukaista laatukäsikirjaa. Sähköisessä muodossa olevan laatukäsikirjan seurannassa käytetään mittareita, joita päivitetään toiminnanohjausjärjestelmän kautta. (Debomix 2014.)

2 LASTUAVA TYÖSTÖ

Koneistaminen eli koneellinen lastuava työstö on nykyaikaisen metalliteollisuuden keskeisimpiä osa-alueita. Koneistus voidaan jakaa hiontaan, sorvaukseen, jysintään, Nc-työstöön, aventamiseen, avartamiseen, sahaukseen sekä poraukseen. (Maaranen 2012, 11-15.)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään sorvaamiseen, joka on toimeksiantajayrityksen toimialaa sekä opinnäytetyön kannalta keskeisin koneellisesti tapahtuva lastuavan työstön osa-alue. Lisäksi yritys käyttää työkappaleiden valmistuksessa muitakin lastuavia työstömenetelmiä, kuten jysintää ja porausta, jotka esitellään lyhyesti opinnäytetyössä.

2.1 Sorvaus

Sorvaaminen on yksi lastuavan työstön menetelmistä. Tuotteet, jotka valmistetaan sorvaamalla ovat yleensä lieriömäisiä, kuten akseleita, tappeja tai holkkeja. Työkappale on kiinnitetty sorvin leukoihin. Työkaluna sorvaamisessa toimii sorvinterä. Pää- eli lastuamisliikkeen sorvaamisessa mahdollistaa työkappale pyörähtäessään pituusakselinsa ympäri. Sorvinterä suorittaa syöttöliikettä, joka tapahtuu yleensä jatkuvana. Metalliteollisuudessa käytetään monenlaisia sorveja, joiden käyttötarkoitukset eroavat hieman toisistaan. (Bartsch 1973, 21.)



KUVA 2. Sorvauksen periaate (Maaranen 2012, 129.)

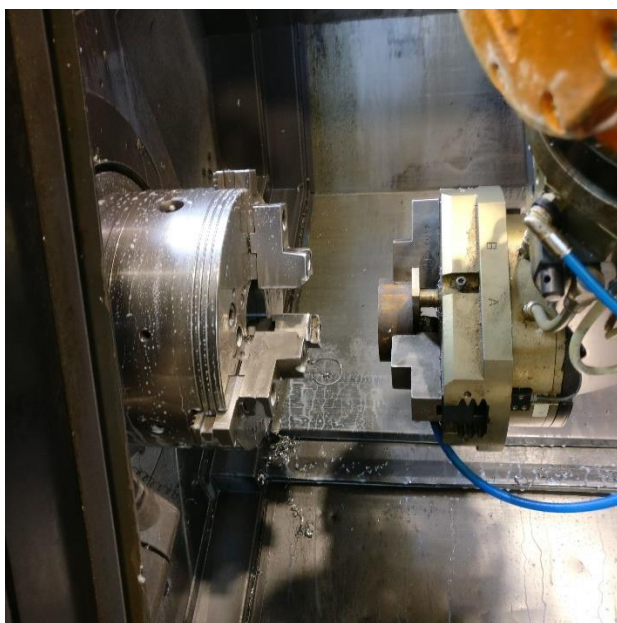
Erilaiset sorvityypit voidaan jakaa seuraavasti:

- Revolverisorvi
- Kärkisorvi
- Karusellisorvi
- Tasosorvi
- Pitkäsorvi
- Automaatti- ja puoliautomaattisorvi
- NC-sorvi
- Erikoissorvi.

Yleisin edellä mainituista sorvityypeistä on manuaaliohjattu kärkisorvi. Kärkisorvi on monipuolinen sorvityyppi, jolla on mahdollista sorvauksen lisäksi muun muassa porata sekä jyrsiä. Nykyään kärkisorvi on menettänyt suosiotaan tuotannollisessa työssä NC-sorville. (Maaranen 2012, 130-131.)



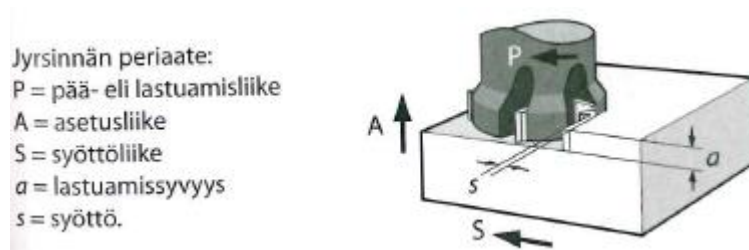
KUVA 3. NC-sorvi (Vesamäki 2014, 11.)



KUVA 4. Sorvin leuat (Ilmari Huttunen 2018.)

2.2 Jyrsintä

Jyrsintä kuuluu lastuaviin työstömenetelmiin. Jyrsinnässä monihampainen työkalu pyörii irrottaen lastuja työkappaleesta. Pää- eli lastuamisliikkeen jyrsinnässä suorittaa jyrsin, kun taas syöttöliikkeen koneen pöytään kiinnitetty työkappale. Jyrsimällä on mahdollista työstää jyrsimen muodosta riippuen uria, tasopintoja, hammasmuotoja, upotuksia sekä reikiä. (Maaranen 2012, 243.)



KUVA 5. Jyrsinnän periaate (Maaranen 2012, 243.)

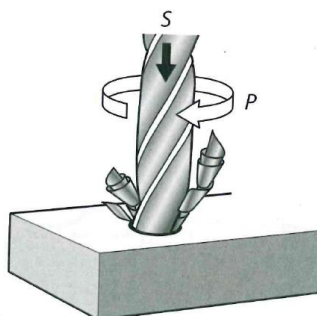
Jyrsimet voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- Polvimalliset jyrsinkoneet
- Runkomalliset jyrsinkoneet
- Erikoisjyrsinkoneet. (Maaranen 2012, 244.)

NC- jyrsinkoneet ja NC-työstökeskukset ovat erikoisjyrsinkoneita. Näitä koneita ohjataan numeerisesti. Numeerisesti ohjattua jyrsinkonetta käytetään yleensä sarjojen ollessa pieniä tai kun valmistamisessa tarvitaan erilaisia työvaiheita sekä työkaluja. Numeerisesti ohjattu työstökeskus pitää sisällään myös automaattisen työkalunvaihdon. Työkalut sijaitsevat joko työkalurummussa tai työkalumakasiinissa, joista työkalun vaihtaja ottaa työkalun ja kiinnittää sen työstökaraan palauttaen aikaisemmin käytössä olleen työkalun sen omalle paikalle. (Maaranen 2012, 246.) Edellä mainitut koneet ovat käytössä toimeksiantajayrityksessä.

2.3 Poraus

Poraus on yksi koneellisen lastuavan työstön menetelmistä, jolla on mahdollista tehdä upotuksia sekä reikiä työkappaleisiin. Poraamisessa tavallisimmin työkaluna toimii kierukkapora, joka tekee työkappaleeseen reiän pää- eli lastuamisiikkeen avulla, jolloin pora pyörii akselinsa ympäri. Kun pää- eli lastuamisiikkeeseen yhdistetään syöttöliike, pora tekee työkappaleeseen reiän. Alla olevassa kuvassa on esitetty porauksen aikana tapahtuvat liikkeet. (Maaranen 2007, 42-43.)



Poraamisen periaate:
P = pää- eli lastuamisiike
S = syöttöliike.

KUVA 6. Porauksen periaate (Maaranen 2012, 53.)

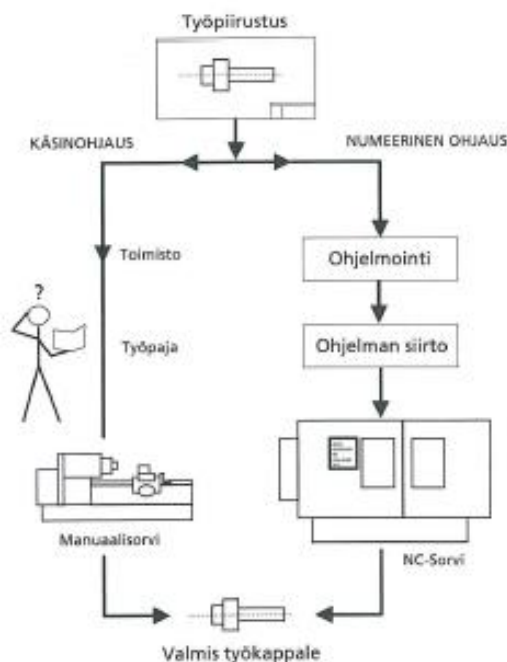
2.4 NC-tekniikka

Automatisointi näkyy nykyaikana teollisuudessa sekä lastuavassa työstössä. NC-tekniikka eli numeerinen ohjaus on yleistynyt paljon teollisuudessa.

Manuaalisesti ohjattavalla tai numeerisesti ohjattavalla työstökoneella ei ole eroa lastuamistekniikan osalta. Molemmat tavat ohjata työstökonetta pitävät sisällään samat työvälineet sekä työstöarvot. Ero näiden kahden välillä on ohjaustavassa, sillä manuaalityöstökonetta ohjaa työstökoneen käyttäjä, kun taas NC-työstökonetta tietokone.

Edellytys NC-työstökoneen käytölle on työstökoneeseen syötetty valmiiksi laadittu ohjelma, jonka perusteella työstökone suorittaa työn. NC-työstökone suorittaa automaattisesti koneelle syötetyn

ohjelman. Ohjausyksikkö on vastuussa koneen toimintojen ohjauksesta. Tietokoneelta sähköisesti ohjainyksikköön syötetty kirjain- ja numerokoodeja sisältävä ohjelma pitää sisällään kaiken työstöön tarvittavan tiedon kuten työvälineet, työstöarvot, terien liikeradat sekä työstöjärjestyksen. NC-työstökone valmistaa kappaleen ohjainyksikköön syötetyn ohjelman sisältämien käskyjen perusteella. (Maaranen 2012, 366.)



KUVA 7. Manuaali- ja NC-sorvin ohjauksen erot (Vesämäki 2014, 10.)

Automatisoinnista aiheutuvia haittoja ovat

- Hankintakustannukset
- Häiriöt ohjausjärjestelmissä, joiden korjaaminen kallista
- Automaatiikan kehittyminen vähentää koneistajien tarvetta, mutta luo samalla uusia työtehtäviä kuten ohjelmoijia sekä huoltohenkilökuntaa. (Maaranen 2007, 250.)

NC-tekniikalla saavutettuja etuja manuaalityöstöön nähden on muun muassa

- Työstöaikojen lyhentyminen etenkin koneistettaessa monimutkaisia kappaleita
- Työkappaleiden sekä työkalujen asetusajojen lyhentyminen
- Tasainen laatu ja mittatarkkuus – hukkatyöt vähenevät
- Työstöohjelma on valmiina koneen muistissa, jolloin muutokset myös helppo tehdä
- Tuotannon tehostuminen
- Raskaat ja yksitoikkoiset työt on mahdollista suorittaa koneella
- Työkappaleiden läpimenoaika tuotannossa lyhenee
- Työkalukustannusten pieneneminen, kun mahdollista käyttää standardityökaluja monimutkaisissakin kappaleissa kalliiden muototerien sijasta. (Maaranen 2007, 249-250.)

3 JOUSTAVA KONEPAJA-AUTOMAATIO

Konepaja-automaatio jaotellaan jäykkään- ja joustavaan automaatioon. Tuotannon automatisoinnilla voidaan tehostaa tuotantoa ja mahdollisesti karsia sen kustannuksista. Tuotantoautomaation avulla voidaan vaikuttaa esimerkiksi miehittämättömien tuotantopakojen käyttöön, laadun tasaisuuteen ja tuottavuuden parantamiseen. Tässä opinnäytetyössä keskitytään joustavaan automaatioon, joka käsittelee muun muassa FMS-tekniikan ja robotiikan. (Aaltonen ja Torvinen 1997, 10-15.)

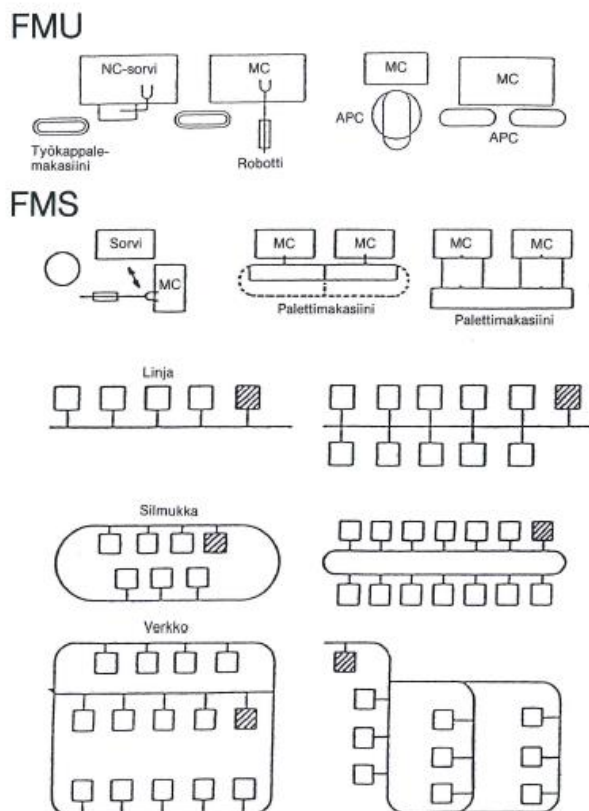
3.1 FMS-teknologia

FMS-teknologia eli joustava konepaja-automaatio jaetaan joustaviin tuotantojärjestelmiin, robotiikkaan ja joustavaan materiaalinkäsittelyautomaatioon. Näiden lisäksi joustava konepaja-automaatio pitää sisällään joustavan kokoonpanoautomaation (FAS) sekä automaattisen laadunvarmistamisen.

FM-järjestelmä koostuu sen laajuuden mukaan yhdestä koneesta useampaan NC-työstökoneeseen. FM-järjestelmässä työkappaleiden ja työkalujen käsittely on automatisoitu. Lisäksi niiden siirtäminen sekä järjestelmän koneiden monitorointi on automatisoitu. Tämä mahdollistaa FM-järjestelmän toiminnan joko kokonaan miehittämättömänä tai vähäisellä valvonnalla. FM-järjestelmä sopeutuu tuotannossa tapahtuviin muutoksiin. Kun järjestelmässä olevat koneet toimivat miehittämättöminä, tilauskannan kasvaessa koneita voidaan käyttää esimerkiksi yöllä tai viikonloppuna tarvittaessa. Kun taas tilauskanta pienenee, miehittämättömien vuorojen määrää voidaan vähentää. (Lakso ym. 1992, 10.)

3.2 FMS-teknologian tasot

FM-järjestelmässä olevat koneet sekä järjestelmät koostuvat NC-työstökoneista, materiaalinkäsittelylaitteista ja informaatiojärjestelmistä. FMS-teknologian käyttäminen on mahdollista aloittaa pienestä yhden NC-koneen solusta. Moduulien lisäämisen ollessa mahdollista järjestelmää voidaan laajentaa laitteita lisäämällä aina joustavaksi automaattiseksi tehtaaksi (FMF) asti. (Lakso ym. 1992, 10.)



KUVA 8. FMS-teknologian tasot. (Lakso ym. 1992, 11.)

FMS-teknologian eritasoiset konejärjestelmät ovat

- Joustava, automaattinen valmistusyksikkö (FMU)
- Joustava, automaattinen valmistusjärjestelmä (FMS)
- Joustava, transferlinja (FTL)
- Joustava, automaattinen tehdas (FMF). (Lakso ym. 1992, 11.)

3.2.1 Joustava valmistusyksikkö (FMU)

Joustava valmistusyksikkö (Flexible Manufacturing Unit) on NC-työstökone, jossa on tarvittavat käytölaitteet miehittämättömiä käyttöjaksoja varten. FMU on joustavan konepaja-automaation perusyksikkö. Joustavassa automaattisessa tuotantoyksikössä työkappaleiden käsittely tai purseiden poisto tapahtuu robotin avulla. (Maaranen 2012, 452.)

1. NC-sorvit

- Kappaleenkäsittely on automatisoitu
- Työkalumakasiini sekä automaattinen työkalunvaihto
- Mahdollinen automatisoitu leukojen vaihto
- Diagnostiikka- ja monitorointitoiminnot

2. NC- koneistuskeskukset

- Automaattinen paletinvaihtojärjestelmä
- Riittävän suuri työkalumakasiini ja automaattinen työkalunvaihto
- Tarvittavat diagnostiikka ja monitorointitoiminnot (esim. työkalun kompensointi, työkalujen kunnon- ja rikkovalvonta, mittasäätö) (Lakso ym. 1992, 11.)

3.2.2 Joustava valmistusjärjestelmä (FMS)

Joustava valmistusjärjestelmä (Flexible Manufacturing System) koostuu vähintään kahdesta yhteen liitetystä joustavasta valmistusyksiköstä (FMU) eli NC-työstökoneesta, joihin on liitetty materiaalinkäsittelyjärjestelmä sekä keskusohjaus. Toiminnot, joita tarvitaan NC-työstökoneiden ohjaimien liittämiseen ulkopuoliseen keskusohjaukseen ovat NC-ohjelmien siirtäminen ohjelmamuistiin, työkalujen kompensointitietojen siirto työstökoneelle, mahdollisuus ohjelmien käynnistys- ja pysäytyskäskyjen antamiseen ulkoapäin, sekä tilatietojen ja kuittauksien lähetys ulospäin. (Maaranen 2012, 453.)

3.2.3 Automatisoitu tuotantosolu (FMC)

Automatisoitu valmistussolu (Flexible Manufacturing Cell) on kahden tai useamman automaattiosolun kokonaisuus. Solun sisällä kappaleiden käsittelytehtävät ovat automatisoitu. FMC sijoittuu FMU:n ja FMS:n välille. Jos FMC järjestelmässä tapahtuu siirtoja solujen välillä, voidaan puhua joustavasta valmistusjärjestelmästä FMS:stä. (Aaltonen ym. 1997, 243.) Esimerkkinä FMC solusta on tässä opinnäytetyössä tarkastelun alla oleva valmistussolu, joka muodostuu NC-sorvin ja teollisuusrobotin yhdistelmästä.

3.3 Robotiikka

Robotics Institute of America (RIA) on kuvannut robotit seuraavasti: *“A robot is a reprogrammable multifunctional manipulator designed to move material, parts, tools, or specialized devices through variable programmed motions for the performance of a variety of tasks.”* (Jazar 2007, 1)

Teollisuusrobotti on sähköllä, paineilmalla tai hydraulikalla toimiva tietokoneohjattu laite. Teollisuusrobotin avulla on mahdollista liikuttaa kappaleita tai se voi käsitellä työkaluja ja sen liikeratoja voidaan muokata ohjelmallisesti. Määriteltäessä robotti, voidaan ajatella, että sillä on kolme vapaasti ohjelmoitavaa liikeakselia sekä vähintään yksi työkalu. (Keinänen ym. 2007, 259.)

Robotti järjestelmänä koostuu manipulaattorista, ranteesta, tarttujasta, ohjaimesta, sensoreista sekä ohjausjärjestelmästä, johon kuuluvat prosessori ja ohjelmisto. Robotin liikeketju muodostuu käsivarren osista, jotka ovat yhdistettynä nivelillä. Usein kirjallisuudessa manipulaattori mielletään robotiksi, mutta manipulaattorista tulee robotti, kun ranteeseen liitetään tarttuja ja ohjainjärjestelmä on käytössä. (Jazar 2007, 3-5.)

Robotteja käytetään paljon teollisuudessa kuten metalli-, muovi-, ja elintarviketeollisuudessa. Robottien yleisimmät käyttötarkoitukset ovat muun muassa hitsaus, kokoonpano sekä koneistuksen kappaleenkäsittely. Kaikille roboteille on yhteistä uudelleen ohjelmoitavat liikkeet. Tuotannon muuttuessa robotin ohjelma voidaan vaihtaa uudelle tuotteelle sopivaksi. Robotteja käytetäänkin usein sellaisissa työtehtävissä, jotka voivat olla ihmiselle liian raskaita tai aiheuttavat vaaraa. (Keinänen ym. 2007, 259.)

Mekaniikan perusteella teollisuusrobotit jaetaan nivelvarsirobotteihin ja lineaarisesti liikkuviin robotteihin eli portaalirobotteihin. Nivelvarsirobotti on robotti, jossa on yleensä joko viisi tai kuusi ohjelmoitavaa niveltä. Tämä mahdollistaa sen, että robotin ulottuvuuden puitteissa kappale tai työkalu voidaan asettaa kaikkiin mahdollisiin kulmiin. SCARA-robotit lasketaan myös nivelvarsirobotiksi, vaikka niillä on vain neljä vapausastetta. Nivelvarsirobotit ovat teollisuudessa yleisimmin käytetty robottimalli. Tämä johtuu niiden joustavuudesta sekä monikäyttöisyydestä. Nivelvarsirobotteja sovelletaan muun muassa kokoonpanossa, työstökoneiden palvelussa sekä hitsauksessa. Työalue nivelvarsirobotilla on pallomainen ja kuusiakselisen robotin tarttuja on mahdollista asemoida mihin työskentelyasentoon tahansa. Nivelvarsirobotteja on monen kokoisia, joilla on erilainen kappaleen kantokyky, jolloin jokaiseen käyttötarkoitukseen löytyy sopiva robottimalli. (Keinänen ym. 2007, 259-260.)

Robotin käyttöä tuotannossa voidaan perustella seuraavasti:

- Tasaisemman tuotannon laadun saavuttaminen
- Tehokkaampi tuotanto automaattisen tai miehittämättömän tuotannon avulla
- Raskaiden työvaiheiden minimointi
- Ergonomian ja työturvallisuuden parantaminen. (Keinänen ym. 2007, 259.)

4 LAATU JA TOIMINTAVARMUUS

Laatu voidaan määritellä monin eritavoin. Tuotantoperusteisesti laatu on vaatimusten täyttämistä sekä niiden täyttymistä. Laatu voidaan mieltää virheettömyysasteeksi ja sen juuret ovat perinteisessä laatutekniikassa, jonka mukaan materiaaliset tuotteet valmistetaan standardien sekä sopimusten mukaisesti pyrkien minimoimaan valmistusvirheet. Laadunhallinnassa tavoitteena on virheettömyys ja riskienhallinta sekä asiakkaan tyytyväisyys ja toimitusvarmuus. (SFS ry 2016.)

Toimintavarmuudella tarkoitetaan kohteen kykyä olla tilassa, jossa sen on mahdollista suorittaa vaaditut toiminnot vaaditun ajanjakson aikana. Lähtökohdiana on, että kohde on tällöin tilassa, jossa sen on mahdollista suoritua toiminnoista. (Järviö ja Lehtiö 2017, 54.)

4.1 Laadunvarmistus

Tuotteita valmistettaessa laadunvalvonta on keskeisessä roolissa, johon kuuluvat virheettömyys ja vaihtelun minimointi. Suuria eriä valmistettaessa on mahdollista, että riski laatuvirheeseen monistuu kaikkiin valmistettaviin tuotteisiin. Laadulle onkin määriteltävä tietyntyyliset standardit, joihin toiminta perustuu. (Lillrank 1998, 29.)

Standardeilla varmistetaan laadunhallintaa. Kansainvälinen laadunhallinnan standardisarja on ISO 9000. ISO 9000 standardit ovat laajimmin levinnein standardisto, joka on käytössä ympäri maailmaa miljoonissa erilaisissa organisaatioissa. Standardisoinnilla varmistetaan yhteiset toimintatavat, jotka lisäävät tuotteiden turvallisuutta sekä yhteensopivuutta. (SFS ry 2016.) ISO 9000 -standardissa tarkoituksena on tehdä toimenpiteitä organisaation suuntaamiseksi sekä ohjaamiseksi laatuasioissa. Laadunhallintajärjestelmä on johtamisjärjestelmä, jonka avulla ohjataan laatuun liittyvissä asioissa. (Lecklin 2006, 29) Laadunhallinnassa on otettava huomioon toiminnanohjaus, tarvittavien resurssien ja informaation saatavuus sekä tulosten saavuttaminen ja prosessien jatkuva parantaminen. (Lecklin 2006, 32.)

Debomix Oy:llä on käytössään laatukäsikirja, joka noudattaa ISO 9001 standardin mukaista esitystapaa. Laatukäsikirja on sähköisessä muodossa ja sitä tukevat seurannassa käytettävät mittarit, kuten toimitusvarmuus ja poikkeamat, joiden päivitys tapahtuu toiminnanohjausjärjestelmän kautta. Laadunvalvonta ja laadunvarmistus tuotannossa ovat tärkeitä, jotta valmistetut tuotteet ovat virheettömiä ja tasalaatuisia. Toimeksiantajan automatisoidussa sorvaussolussa valmistetaan suuria eriä, jolloin laadunvalvonta on erittäin tärkeää virheiden minimoimiseksi.

4.2 Toimintavarmuuden määrittäminen

Toimintavarmuutta voidaan mitata eri mittareilla. Toimintavarmuus ilmenee prosessissa virheettömyytenä. Toimintavarmuuden ollessa hyvällä tasolla, laitteet toimivat normaalilla tavalla jokapäiväisessä käytössä. Toimintavarmuus on edellytys tuotannon keskeytymättömälle toiminnalle ja tarkoituksena on, että laite suorittaa varmuudella halutun toiminnon. Taulukossa 1 on määritelty toimintavarmuuteen vaikuttavat tekijät. (Opetushallitus 2018)

TAULUKKO 1. Toimintavarmuuteen vaikuttavat tekijät (Järviö ja Lehtiö 2017, 55).

Konstruktio	Materiaalit ja laitesuunnittelu
Luontainen toimintavarmuus	Suunnittelun ja valmistuksen toimintavarmuus
Rakenteellinen kunnossapidettävyys	Vian etsintä ja korjaus
Asennus	Käyttöopastus ja tekninen suorittaminen
Käyttöominaisuudesta huolehtiminen	Kunnonvalvonta ja ehkäisevä kunnossapito
Käyttö	Osaaminen ja koulutus
Tuotantokyvyn varmentaminen	Saatavuus

Solun toimintavarmuus ja sen parantaminen ovat olennaisessa osassa kehitettäessä solun automaatioastetta. Miehitämättömän tuotannon täytyy olla toimivaa, eikä häiriöitä saa esiintyä. Toimintavarmuuden merkitys korostuu miehitämättömän jakson aikana, kun solun toimintaa ei valvota operaattorin toimesta. Automatisoidun solun tuotannolla ja sen toimintavarmuudella onkin suuri merkitys koko yritykselle.

5 AUTOMATISOITU SORVAUSSOLU

Debomix Oy:n käytössä on Mori Seiki NC-sorvi sekä teollisuusrobotti Nachi. Nämä muodostavat yhdessä yrityksen nykyaikaisimman tuotantosolun. Solussa valmistetaan yksinkertaisia ja pitkiä sarjoja, jotka ovat kannattavaa automatisoida ja valmistaa yöllä miehittämättömänä. Päivä- ja ilta-aikaan sorvaussolu toimii työntekijän voimin ilman robottia. Tällöin solussa valmistetaan kappaleita, joita ei kannata valmistaa robotin avustuksella.

5.1 Tuotannon nykytila

Tällä hetkellä tuotantosolu toimii aamu- ja iltavuorossa yhdessä työstökoneen operaattorin kanssa. Yövuorossa sorvi toimii miehittämättömänä yhdessä kappaleenkäsittelyssä toimivan robotin kanssa.

Iltavuorossa sorvilla työskentelevä henkilö valmistelee ennen työvuoronsa päättymistä robotin sekä paletin valmiiksi sorville yövuoroa varten. Operaattori tekee tarvittavat asetukset sorville sekä robotille ja testaa työstöohjelman toimivuuden valmistamalla yhden kappaleen. Kun ohjelma on testattu, sorviin asetetaan ensimmäinen kappale valmiiksi, jonka jälkeen robotti käynnistetään. Tämän jälkeen solu toimii itsenäisesti.

Aamuvuoroon sorville tuleva työntekijä vastaa, että paletti, jossa yön aikana valmistuneet kappaleet ovat, siirretään pois solusta. Tämän jälkeen työntekijä aloittaa työskentelyn sorvilla ilman robottia.

5.2 Solun toiminta

Sorvaussolussa on neljä lavapaikkaa työkappaleita varten. Kaksi lavaa on työstettäväksi tulevia työkappaleita varten ja toiset kaksi valmiita työkappaleita varten. Robotille on ohjelmoitu lavojen paikat sekä paikat mistä sen tulee ottaa työstettäväksi tuleva työkappale ja mihin laittaa sorvista tuleva valmis työkappale.



KUVA 9. Robotin tarttuja (Ilmari Huttunen 2018.)

Robotin tarttujana toimii kolmileukapaineilmatarttuja, joka on esitetty kuvassa 9. Tarttujan kappaleenkäsittelykyky on 35,5 kg. Kolmileukapaineilmatarttuja soveltuu hyvin holkkien ja umpiaihoiden käsittelyyn. Jokaisella tuotteelle käytetään omia leukoja, jotka on mitoitettu erikseen kaikille tuotteille. Omien leukojen avulla robotti pystyy käsittelemään eri työkappaleita.

Sorvissa on käytössä kaksi karaa. Robotti tuo työstettäväksi tulevan kappaleen pääkaralle ja asettaa sen sorvin leukoihin. Kun työstettäväksi tuleva työkappale on asetettu sorviin, robotti ottaa valmiin työkappaleen toiselta karalta ja vie sen paletille. Kun työkappale on valmis, työkappale siirtyy sorvissa pääkaralta toiselle karalle odottamaan, että robotti hakee sen pois. Tämä on esitetty kuvassa 10. Ainesputkesta valmistettavat holkit robotti kääntää itse, jolloin apukara ei ole käytössä. Holkkien kääntäminen tapahtuu siten, että robotti ottaa holkin sorvilta ja asettaa sen kääntämistä varten suunniteltuun paikkaan. Tämän jälkeen robotti tarttuu holkin toisesta päästä ja vie sen takaisin sorville.



KUVA 10. Valmis työkappale apukaralla (Ilmari Huttunen 2018.)

Työkappaleiden paletointia varten käytetään lavoja. Lavan päälle laitetaan levy, johon on tehty kullekin aihiolle sopivat reiät. Tämän levyn avulla työstöön tulevat työkappaleet asetellaan paleteille. Kun aihiot ovat paletin päällä, levy otetaan pois. Levyn käytöllä varmistetaan, että kappaleet ovat oikein aseteltuina paletin päällä ja robotti saa tartuttua kiinni aihioista liikuttamatta muita paletilla olevia työkappaleita. Kuvassa 11 on työstettäväksi menossa olevia holkkeja valmiiksi paletoituna.

Kappaleiden paletoinnilla on suuri merkitys miehittämättömänä toimivan sorvaussolun toiminnalle. Jos kappale on paletoitu väärin, ei robotti välttämättä onnistu tarttumaan työkappaleeseen ja solun toiminta pysähtyy. Käytettäessä solua miehittämättömänä ilman valvontaa, esimerkiksi yöllä, paletoinnin merkitys korostuu. Päivällä häiriö on mahdollista korjata työntekijöiden toimesta, toisin kuin yöllä, kun tehtaassa ei ole työntekijöitä.



KUVA 11. Holkki 2 paletoituna (Ilmari Huttunen 2018.)

5.3 Mori Seiki NC-sorvi

Debomix Oy:n sorvaussolun sorvina on käytössä Mori Seiki NLX-2500SY x 700 NC-sorvi. Ohjauksena sorvissa on MSX-853 IV. Sorvi on varustettu pyörivillä työkaluilla sekä 12- asemaisella työkalurevolverilla. Pääkaramoottorin suurin teho on 18,5 kW ja sen suurin pyörimisnopeus on 4000 kierrosta minuutissa. Vastakaramoottorin suurin teho on 11 kW. Pyörivien työkalujen suurin pyörimisnopeus on 6000 kierrosta minuutissa ja moottorin suurimmat tehot ovat 5,5 kW (3 min ja 5 min) ja 3,7 kW (jatkuvana). Sorvin suurin lastuamispaksuus on 120 mm ja kappaleen suurin pituus 360 mm. Lisäksi sorvilla on käytössä tangonsyöttölaite, joka mahdollistaa enintään 700 mm pitkien tankojen syötön. (Nugget Oy 2011.)



KUVA 12. Mori Seiki NC-sorvi (Ilmari Huttunen 2018.)

5.4 Nachi AX-ST166F -teollisuusrobotti

Debomix Oy:llä on käytössä automatisoidussa sorvaussolussa kappaleenkäsittelyssä Nachi AX-ST166F-teollisuusrobotti. Robotti on 6-akselinen nivelvarsirobotti, jonka käsittelykyky on 166 kg. Robotin käsivarsi ulottuu aina 668 mm:stä 2654 mm:n saakka sekä sen toistotarkkuus on ± 2 mm.

Robotin ohjausyksikkönä toimii PC-pohjainen AX-20, jolla on mahdollista ohjata jopa 54 akselia ja yhdeksää robottia yhtäaikaaisesti. Robotin ohjaus tapahtuu käsipaneelin avulla. Ohjausjärjestelmä on sijoitettu kaappiin solun suoja-aitojen ulkopuolella.

Robotissa on kolmet erilaiset tarttujatyökalut, kolmielekapaineilmatarttuja sekä magneettitarttuja. Kolmielekapaineilmatarttujalla kappaleenkäsittelykyky on 35,5 kg ja tarttujan avautuma on 25 mm. Toisena käytössä oleva magneettitarttuja mahdollistaa halkaisijaltaan 30-200 mm olevien sekä maksimissaan 50 kg painavien osien liikuttelun. (Finnrobotics 2012.)



KUVA 13. Nachi-teollisuusrobotti (Ilmari Huttunen 2018.)

5.5 Automaatioasteen nostaminen

Toimeksiantajan tavoitteena on, että tuotantosolu toimisi kahdessa vuorossa miehittämättömänä. Tämä tarkoittaa sitä, että ainoastaan aamuvuoron aikana robotti ei ole toiminnassa. Tällöin solussa työskentelee työntekijä, joka vastaa solun toiminnasta. Ilta- ja yövuoron aikana tuotantosolussa ei ole työntekijää, jolloin sorvi ja robotti toimivat yhdessä. Iltavuoron aikana toisella tehtaalla työstökoneella työskentelevä henkilö valvoo robotin toimintaa ja korjaa mahdolliset häiriötilanteet.

5.6 Solussa eniten valmistetut kappaleet

Solussa valmistetaan tällä hetkellä ainoastaan holkkeja. Tässä työssä käsitellään viittä solussa eniten valmistettua holkkia. Holkit, niiden materiaalit sekä työstöajat ovat esiteltynä alla olevassa taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Kappaleiden työstöajat.

TUOTE	MATERIAALI	SARJAKOKO (8 tuntia)	AJOAIKA MIN/ KPL	VALMISTUSAIKA (tuntia)
Holkki 1	APU 115/90 E470	80	4	5,3
Holkki 2	APU 80/50 E470	160	3	8,0
Holkki 3	APU 115/90 E470	70	7	8,2
Holkki 4	APU 115/90 E470	54	7	6,3
Holkki 5	Aihio D130 S355J2	80	4,5	6,0

Tässä työssä käsitellyistä holkeista neljä valmistetaan ainesputkesta (APU). Holkki 5 valmistetaan umpiaineesta. Eri holkeilla on erilaiset työstöajat, jotka määräytyvät tuotteiden vaatimusten mukaan, kun taas tuotteiden sarjakoot määräytyvät tuotteiden paletoinnin mukaan.

Solun toiminta-astetta kehitettäessä miehittämättömänä, tulee ottaa huomioon työstettävien kappaleiden työstöajat. Sorvilla valmistettavilla tuotteilla on eripituiset työstöajat, riippuen työkappaleesta sekä materiaalista. Jotta miehittämättömät jaksot toimisivat käytännössä, töiden ajoitus nousee avainasemaan. Jokaiselle työlle tulee jättää sopivasti aikaa valmisteluihin kuten asetusten tekemiseen. Jokaisen tuotteen työstöajat määräytyvät tuotekohtaisesti. Työstöaikoihin vaikuttavat myös sarjakoot. Pidempiä sarjoja varten on varattava aikaa jopa kaksi vuoroa. Pitkissä sarjoissa tulee huomioida, että kappaleita voidaan paletoida soluun rajallinen määrä. Tällöin työntekijän on keskeytettävä sorvaussolun toiminta, ja tuotava paleteille lisää aihioita työstettäväksi.

5.7 Yleisimmät häiriöt solun toiminnassa

Solun toiminnassa on havaittu erilaisia häiriöitä, jotka ovat keskeyttäneet solun toiminnan. Solun häiriöt liittyvät yleensä robottiin ja sen työskentelyyn. Seurantajakson aikana solun toiminnassa tapahtui häiriöitä, jotka keskeyttivät tuotannon. Solun toimintaa seurattiin kesä-elokuun 2018 ajan. Tältä ajanjaksolta kirjattiin ylös, miten solu toimi miehittämättömänä kunkin tuotteen valmistuksen aikana.

TAULUKKO 3. Tuotantosolun seuranta taulukko.

PÄIVÄMÄÄRÄ	TUOTE	HÄIRIÖ
8.6.2018	Holkki 3	Kappale tippunut leuoista, häiriö leuka-anturissa (kappale jäi jumiin lastukuljettimelle)
15.6.2018	Holkki 4	Robotti ei saanut kappaletta sorvin leukoihin, leuat asetettu väärin
26.6.2018	Holkki 5	Robotti ei saanut kappaletta sorvin leukoihin, leuat asetettu väärin
3.7.2018	Holkki 2	Robotti osunut virheellisesti paletoituun holkkiin, tuotanto pysähtyi
9.7.2018	Holkki 2	Teräpala hajonnut, pinnanlaatu virheellinen
15.7.2018	Holkki 2	Sorvin leukojen puristusvoima ei riittänyt
28.7.2018	Holkki 2	Lastunkuljetin tukkeutunut, säiliötä ei ole tyhjennetty asianmukaisesti
5.8.2018	Holkki 4	Teräpala hajonnut, viiste vääränlainen
11.8.2018	Holkki 2	Paletointivirhe, robotti liikuttanut holkkia paletilla
17.8.2018	Holkki 1	Teräpala hajonnut, osa mennyt pilalle
25.8.2018	Holkki 4	Häiriö leuka-anturissa. Sorvi ei ole antanut käskyä laittaa holkkia sorvin leukoihin, tuotanto pysähtynyt
30.8.2018	Holkki 4	Häiriö leuka-anturissa. Sorvi ei ole antanut käskyä laittaa holkkia sorvin leukoihin, tuotanto pysähtynyt

Taulukossa 3 on esitetty seurantajakson aikana ilmenneet häiriöt. Taulukkoon on kerätty virheen tapahtuma-aika, tapahtuma-aikaan valmistettu tuote sekä häiriö ja sen syy.

Merkittävin ongelma, joka seurantajakson aikana toistui, oli häiriö sorvin leuka-anturissa. Usein miehittämätön ajo keskeytyi, koska sorvin leuka-anturi ei havainnut leukojen olevan auki, eikä robotti näin ollen saanut käskyä asettaa holkkia sorvin leukoihin. Tämä häiriö johtui luultavasti anturin liikahtamisesta väärään asentoon, jonka seurauksena anturi ei toiminut oikealla tavalla. Toinen sorvin leukoihin liittyvä häiriö johtui väärin asetelluista leuoista. Tämä häiriö ilmeni useamman kerran seurantajakson aikana. Leuat olivat kiinnitetty virheellisesti, jonka takia holkki ei osunut leukojen väliin, vaan itse leukoihin. Lisäksi kerran seurantajakson aikana sorviin oli asetettu väärät leuat, jotka olivat tarkoitettu toiselle kappaleelle. Nämä häiriöt johtuivat inhimillisestä virheestä sorvin valmistelun aikana. Lisäksi leukoihin liittyi häiriö, jossa holkki putosi sorvin leuoista. Tämän syynä oli leukojen puristusvoiman riittämättömyys. Tässä häiriössä syynä on mahdollisesti ollut epäsopivat leuat kappaleelle.

Sorvin leukoihin liittyvien häiriöiden lisäksi seurantajakson aikana havaittiin myös paletointiin liittyviä häiriöitä. Ensimmäinen paletointihäiriö tapahtui robotin tarttuessa paletilla olleeseen holkkiin. Koska holkit olivat asetettu paletille virheellisesti, holkkia hakiessaan robotin tarttuja osui muihin paletilla olleisiin holkkeihin eikä näin ollen saanut tartuttua holkkiin. Toinen paletointiin liittyvä häiriö tapahtui

myös robotin tarttuessa paletilla olevaan holkkiin. Tässä tapauksessa robotti liikutti viereistä holkkia tarttuessaan toiseen holkkiin. Tämän takia seuraavaa holkkia hakiessaan holkit olivat liikkuneet paletilla.

Terärikkö oli myös yksi häiriö automatisoidun sorvaussolun toiminnassa. Tässä tapauksessa teräpala ei kestänyt koko miehittämätöntä jaksoa tai se kului liikaa, jolloin terärikkön jälkeiset holkit epäonnistuivat. Terärikkö tapahtui kolme kertaa tämän seurannan aikana. Terärikkön syy voi johtua vääräntyylistä teräpalasta. Lisäksi syy voi olla holkin materiaalissa, joka ei ole tasalaatuista ja pinnanlaatu vaihtelee.

Lastunkuljettimen tukkeutuminen oli myös yksi häiriö, joka ilmeni seurantajakson aikana. Tämä johtui solun valmistelujen aikana tapahtuneesta virheestä, jolloin lastusäiliötä ei ollut tyhjennetty ennen miehittämättömän jakson alkua. Tällöin lastunkuljettimen suuaukko oli tukkeutunut kesken tuotannon. Tästä syystä tuotanto keskeytyi, eikä kaikki työkappaleet valmistuneet miehittämättömän vuoron aikana.

6 KEHITYSMAHDOLLISUUDET

Solun seurantajakson aikana ilmenneitä häiriöitä olivat ongelmat sorvin leuka-anturin ja leukojen kanssa, tuotteiden paletoinnin sekä teräpalojen kanssa. Nämä häiriöt ilmenivät useasti seurantajakson aikana solun toiminnassa. Lisäksi lastunkuljettimen tukkeutuminen tapahtui kerran, kun lastusäiliötä ei ollut tyhjennetty ennen miehittämättömän vuoron alkua. Tätä seurasi tuotannon pysähtyminen. Häiriö johtui työntekijän inhimillisestä virheestä, joten tähän ratkaisuna on kehittää selvä ohjeistus solun valmistelusta vastaavalle työntekijälle.

Leuka-anturi on ollut ongelmana jo pidempään. Sorvin leuka-anturi ei pysy paikallaan koko miehittämättömän vuoron ajan, jolloin liikahtaessaan anturi ei toimi oikein. Tästä syystä tuotanto pysähtyi useasti seurannan aikana. Tähän häiriöön syytä on anturin kiinnityksestä johtuva ongelma. Ongelma on mahdollista korjata kiinnittämällä anturi toisella tavalla.

Toinen sorvin leukoihin liittyvä häiriö, joka havaittiin seurantajaksolla, oli sorvin leukoihin liittyvät ongelmat. Häiriöitä ilmeni leukojen väärin kiinnityksestä tai väärin leukojen käytöstä. Ratkaisuna tähän on kiinnittää huomiota leukojen asettamiseen. Tällä varmistetaan, että leuat ovat asennettu vaaditulla tavalla. Toimeksiantajan kannattaa myös varmistaa, että toimintatavat ovat kaikille selvät. Väärin leukojen käytön estämiseksi ratkaisuna on tarkastaa kaikki tuotantosolussa käytettävät leuat ja merkitä ne selvästi. Tällä toimenpiteellä voidaan varmistaa oikeiden leukojen käyttö tietyn holkin valmistamisessa. Merkintöjen tulee olla selkeät, jotta työntekijän on helppo valita oikeat leuat kullekin tuotteelle. Seurantajakson aikana havaittiin myös ongelma, jossa leukojen puristusvoima ei riittänyt. Tämän häiriön pohjalta leuat tulisi tarkistaa ja varmistaa niiden toimivuus ja mahdollisesti harkita uusien leukojen hankkimista.

Tuotteiden paletoinnin kanssa ilmeni ongelmia seurantajakson aikana. Holkit tulee paletoida huolellisesti. Tällä varmistetaan, että robotti saa varmasti tartuttua kiinni holkista, eikä tuotanto pysähdy. Seurantajakson aikana ilmeni häiriöitä, joissa robotti ei saanut otettua holkkia paletilta. Tämä johtui virheellisestä paletoinnista. Paletointiin kehitysmahdollisuutena onkin paletoinnin tarkkuudesta huolehtiminen tai kehittää kokonaan uusi tapa paletoida holkit. Näillä varmistetaan, että tuotanto on toimintavarmaa, eikä inhimillisestä virheestä johtuvia pysähdyksiä ilmene. Kuten kuvasta 14 nähdään, on työkappaleet paletoitu hyvinkin lähekkäin paletille, joten tarkkaavaisuus holkkien asettelussa on tärkeää. Kuvassa olevalla paletilla on merkitty selkeästi holkkien kohdat, mutta kaikilla paletilla näin ei ole, vaan niissä on erillinen levy, joka poistetaan ennen tuotannon käynnistämistä. Levyn poistamisen yhteydessä kappaleet saattavat liikkua, jotka voivat aiheuttaa taulukossa 3 mainittuja häiriöitä.



KUVA 14. Robotti tarttumassa paletoituun työkappaleeseen (Ilmari Huttunen 2018.)

Monta kertaa seurantajakson aikana teräpala ei kestänyt koko miehittämättömän vuoron ajan. Tähän kehittämismahdollisuutena voisi olla toisenlaisten teräpalojen käyttäminen, joilla teräpalojen kestävyttä saataisiin pidennettyä. Esimerkiksi holkkia 2 olisi mahdollista valmistaa 240 kpl peräkkäin, mutta tällä hetkellä teräpala ei kestä kuin 80 kpl valmistamisen. Yksi vaihtoehto on käyttää useampaa puomia sekä teräpalaa valmistettaessa suurempi määrä kerralla. Tällä tavalla holkkeja saataisiin valmistettua esimerkiksi viikonlopun aikana kolme kertaa enemmän kuin mitä yön aikana. Teräpaloista johtuvien häiriöiden syynä voi olla myös työkappaleen materiaalin epätasaisuus, jonka takia teräpalojen kulumista ja käyttöikä on vaikea ennustaa. Kehitysideana tähän ongelmaan olisi pohtia, voisiko työkappaleiden materiaalin vaihtaa epätasalaatuisesta johonkin paremman pinnanlaadun omaavaan teräkseen. Esimerkiksi vaihtoehtona voisi olla holkissa 2 käytetyn ainesputken korvaaminen h9 toleranssin omaavasta vedetystä pyörötangosta, jota toimeksiantaja käyttää myös muussa tuotannossa.

Taulukossa 2 on aiemmin esitetty työkappaleiden sarjakoot, mitä kahdeksan tunnin aikana on mahdollista valmistaa. Kaikilla taulukon viidellä eniten valmistetuilla holkeilla ei ole kuin yhden paletin ohjelmia. Tästä syystä näitä ei voi valmistaa kuin rajallinen määrä yön aikana. Tulevaisuudessa toimeksiantajan tarkoituksena on mahdollisesti nostaa miehittämättömien vuorojen määrä. Tällöin on tärkeää, että tuotantosolu pyörii koko vuoron ajan, eikä vain osaa-aikaa siitä. Tällä tavalla automatisoidusta tuotantosolusta saadaan kaikki hyöty irti. Kahden paletin valmistamisessa voi mennä enemmän kuin yksi vuoro, joten valmistettavan tuotteen ja vuorojen suunnittelua tulee pohtia. Esimerkiksi viikonloppuna automatisoidussa tuotantosolussa kannattaa valmistaa sellaisia tuotteita, joita on mahdollista valmistaa paljon kerralla. Automatisoidun tuotantosolun käyttöasteen nostamiseksi yrityksen tulisi kehittää kaikille tuotantosolussa valmistettaville työkappaleille useamman paletin ohjelmat. Tämä mahdollistaisi tuotannon kapasiteetin maksimoinnin tämän hetkisten resurssien mukaan.

TAULUKKO 4. Holkkien mahdolliset valmistusmäärät.

Tuote	Kokonaisaika	Määrä, joka voidaan valmistaa viikonlopun aikana	Nykyinen määrä viikonlopun aikana
Holkki 1	58,3 h	880	80
Holkki 2	56 h	800	80
Holkki 3	60 h	432	108
Holkki 4	56,7 h	486	54
Holkki 5	60 h	640	80

Taulukossa 4 on esitetty nykyinen valmistusmäärä miehittämättömän vuoron aikana ja määrä, joka olisi teoreettisesti mahdollista valmistaa yhden miehittämättömänä viikonlopun aikana. Viikonlopun kestävä vuoro alkaa perjantai-iltana kello 20.00 ja päättyy maanantaiaamuna kello 06.00, jolloin vuoro kestää 58 tunnin ajan. Taulukosta nähdään, että viikonlopun aikana olisi mahdollista valmistaa hyvinkin suuri erä holkkeja. Tällä hetkellä nykyinen määrä rajoittuu siihen, että holkeille ei ole suunniteltu useamman paletin ohjelmaa, teräpalojen rajallinen kesto sekä palettien vaihto-ongelma. Taulukkoon on myös merkitty kokonaisaika, joka kuvaa lähimmäksi 58 tunnin aikana valmistettavaa määrää kokonaisia paletteja. Holkeilla kolme ja viisi aika ylittyy kahdella tunnilla, joten viikonlopun aikana valmistettava määrä pienenee hieman, kun tuotanto lopetetaan kaksi tuntia aikaisemmin. Taulukko kuitenkin kuvaa sitä, mitä olisi mahdollista valmistaa sekä mitä tällä hetkellä valmistetaan. Voidaankin todeta, että valmistusmäärät voidaan jopa kymmenkertaistaa holkilla yksi. Taulukon tilanne on käytännössä mahdollinen, kun kaikki osa-alueet saadaan toimimaan.

Pitkien miehittämättömien jaksojen ongelmaksi muodostuu tila, sillä soluun ei mahdu kuin kaksi palettia työkappaleita kerrallaan. Tämän takia pitempiä miehittämättömiä jaksoja, kuten viikonloppuja, ei voida suorittaa, vaan tuotteita joudutaan palettoimaan lisää tietyn ajan jälkeen. Tähän kehitys-ideana olisi laajentaa nykyistä FM-järjestelmää, jossa mukana olisi automaattinen paletinvaihtojärjestelmä tai automatisoitu paletin kuljetusjärjestelmä. Tämä mahdollistaisi useamman paletin käytön ja näin ollen solu voisi toimia pitempiäkin aikoja yhtäjaksoisesti. Tämä toki vaatisi muidenkin asioiden kehittämisen, eivätkä nykyiset tuotantotilat välttämättä ole riittävät tämän tasoihin muutoksiin tilan ollessa rajallinen. Vaihtoehtona on siirtää automatisoitu tuotantosolu toimeksiantajan toiseen tuotantotilaan tai laajentaa nykyisiä tiloja. Kun tilaa on enemmän, myös palettien lukumäärä olisi mahdollista kasvattaa nykyisestä kahdesta useampaan palettiin. Tilojen kasvaessa myös automatisoitu työkappaleiden kuljetus- ja vaihtojärjestelmä olisi vaihtoehto solun automaatioasteen nostamiselle. Tällöin paletit liikkuisivat esimerkiksi palettiradalla ja palettien varastointi olisi automatisoitu. Tämä vaatisi, että muut solussa tapahtuvat ongelmat on saatu korjattua.

Tuotantosolun automaatioasteen nostaminen vaatii, että toimeksiantajayritys löytäisi uusia työkappaleita, joiden valmistus kannattaisi automatisoida. Jos tulevaisuudessa tarkoituksena olisi, että tuotantosolu toimisi kahdessa vuorossa miehittämättömänä, nykyisten tuotteiden valmistus ei välttämättä tarvitse ylimääräistä vuoroa, sillä tarvittavat määrät saadaan valmistettua yhdellä vuorolla. Tuotantosolun toimintavarmuuden parantaminen nostaa jo itsessään tuotantomääriä solussa, mutta toisen vuoron lisääminen vaatii uusien tuotteiden valmistamisen tuotantosolussa.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää automatisoidun sorvaussolun nykytila ja pohtia sen kehitysmahdollisuuksia, jotta solun toimintavarmuutta saataisiin paremmaksi. Tuotantosolussa tapahtuvat häiriöt ja niiden kartoitus oli yksi merkittävä tekijä toimintavarmuutta kehitettäessä. Niiden pohjalta selvisi yleisimmät häiriöt ja keinot ennaltaehkäistä niitä.

Opinnäytetyön teoriaosuuden kokoamisessa käytettiin hyväksi useita niin kirjallisia kuin verkkoläheteitä sekä toimeksiantajalta saatuja materiaaleja. Teoriaosuuden avulla pohjustettiin työn käytännön osuutta. Työn aikana suoritettu solun seurantajakso antoi hyvän kuvan solun toiminnasta ja lisäksi solun parissa työskenteleviltä henkilöiltä oli mahdollista saada lisätietoja sekä heidän havaitsemiaan ongelmakohtia. Vaikka solun toimintaa seurattiin kolmen kuukauden ajan, joitakin työntekijöiden mainitsemia häiriöitä jäi tapahtumatta seurannan aikana. Seuranta antoi kuitenkin solun toiminnasta ja sen yleisimmistä virheistä hyvän kokonaiskuvan, joiden perusteella suurimmat virheet oli mahdollista kartoittaa ja niiden pohjalta saatiin toimeksiantajalle kehitysmahdollisuudet.

Opinnäytetyön pohjalta toimeksiantaja sai kehitysideoita tuotantosolun tehostamiseen ja miehittämättömien vuorojen mahdolliseen lisäämiseen. Työn aikana löydetty kehitysideoita ovat

- Henkilökunnan ohjaus ja koulutus
- Leuka-anturin uudelleenkiinnitys
- Leukojen merkintä, joka helpottaa tunnistettavuutta: oikeat leuat holkeille
- Leukojen tarkastus ja toimivuuden varmistus, uusien leukojen hankinta
- Paletoinnin kehittäminen
- Uusien teräpalojen kartoitus
- Materiaalin vaihto
- Useamman paletin ohjelmat
- FM-järjestelmän päivitys
- Uuden työkappaleet, joita valmistaa automatisoidussa sorvaussolussa.

Opinnäytetyön alussa määritellyt tavoitteet, jotka työlle asetettiin, toteutuivat. Yritys sai työn tavoitteiden mukaan kartoituksen tuotantosolun nykytilasta ja solussa tapahtuvista häiriöistä sekä näkökohtia, mitä automaatioasteen nostaminen vaatii. Koko opinnäytetyö ja siihen liittyvä materiaali on vapaasti Debomix Oy:n käytettävissä, jota yritys voi jatkossa käyttää apuna kehittäessään tuotantosoluaan. Tämä opinnäytetyö toi solun ongelmakohtat ja kehitysmahdollisuuksia esille. Työn pohjalta yritys voi aloittaa talon sisäisen projektin, jossa opinnäytetyössä käsitellyt asioita viedään käytäntöön.

Opinnäytetyön tekeminen oli opettavainen ja hyödyllinen tulevaisuutta varten. Työtä tehdessä pääsin tutustumaan konepajan toimintaan sekä näkemään lähietäisyydeltä, kuinka automatisoitu sorvaussolu toimii käytännössä. Lisäksi pääsin soveltamaan opinnoissani saatuja teoretietoja käytännössä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- AALTONEN, Kalevi. TORVINEN, Seppo. 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY.
- ANTTILA, Juhani. JUSSILA, Kari. 2016. Mitä laatu on? Suomen Standardisoimisliitto ry. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-08-18]. Saatavissa: https://www.sfs.fi/ajankohtaista/uutiskirjeet/uutiskirjeet_2016/mita_laatu_on_artikkeli
- BARTSCH, Walter. 1973. Koneistajan kirja 1 Sorvaaminen. Porvoo: WSOY Oy.
- DEBOMIX 2013. Debomix löysi kasvun siemenen tuotannon kehittämisestä ja automatisoinnista [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-05-05]. Saatavissa: http://www.debomix.fi/tiedostot/Debomix_Euro-metalli_09_2013.pdf
- DEBOMIX 2014. Mallikuvia tyypillisistä tuotteista [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-07-10]. Saatavissa: <http://www.debomix.fi/palvelut/mallikuvia-tyypillisista-tuotteista/>
- FINNROBOTICS 2012. Tarjous 28.3.2012.
- JAZAR, Reza N. 2007. Theory of Applied Robotics. Lontoo: Springer US.
- JÄRVIÖ, Jorma. LEHTIÖ, Taina. 2017 Kunnossapito - tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Kunnossapitoyhdistys Pomaint ry. Kerava: Savion kirjapaino Oy.
- KEINÄNEN, Toimi. KÄRKKÄINEN, Pentti. LÄHETKANGAS, Markku. SUMUJÄRVI, Matti. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY Oy.
- LAKSO, Tapio. RAAMI, Juha. SELESVUO, Jari. 1992. NC-sorvien käytön tehostaminen FMS-teknologialla. Tampere: Metalliteollisuuden kustannus Oy.
- LECKLIN, Olli. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- LILLRANK, Paul. 1998. Laatuajattelu: laadun filosofia, tekniikka ja johtaminen tietoyhteiskunnassa. Keuruu: Otava.
- MAARANEN, Keijo. 2012. Koneistus. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- MAARANEN, Keijo. 2007. Koneistustekniikat. Porvoo: WSOY Oy.
- NUGGET 2011. Tarjous 19.4.2011.
- OPETUSHALLITUS. 2018. Kunnossapito. Johdanto luotettavuustekniikkaan. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-08-18]. Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_6-2_johdanto_luotettavuustekniikkaan.html
- SUOMEN ASIAKASTIETO OY. 2018. Taloustiedot. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-09-07]. Saatavissa: <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/debomix-oy/10082206/taloustiedot>
- VESAMÄKI, Hannu. 2014. Lastuavan työstön NC-ohjelmointi. Tampere: Tammerprint Oy.